

干渉 SAR による岩木山西側斜面の変位と追子森断層*

弘前大学 道家 涼介
応用地質株式会社 黒澤 英樹

1. はじめに

岩木山は、青森県西部、津軽平野の西に位置する活火山である（図 1）。同火山は、約 35 万年前以降活動しており、約 20 万年前には大規模な山体崩壊を起こしたことが知られている（佐々木, 2015 など）。山麓部には、その際の岩屑なだれ堆積物が分布し、多数の流れ山地形が形成されている。山体崩壊以降は、崩壊した箇所を埋めるように溶岩が噴出し、現在の山体を作ったとされる。同火山のマグマ噴火は、現在の山頂付近に分布する溶岩ドーム群（約 6 千～2 千年前）を形成した噴火が最後であり、それ以降は、江戸時代における 4 回の水蒸気噴火が古文書に記されている（田中, 2001 ; 小岩, 2014 など）。

岩木山の西側斜面には、約 20 万～3 万年前の第 2 期に噴出した溶岩流などが分布するが（佐々木, 2015 など）、国土地理院が全国を対象に実施している ALOS-2/PALSAR-2 データの干渉 SAR 時系列解析の結果（Descending 右観測）において、衛星から遠ざかる変位（およそ 1 cm/yr）が報告されている（国土地理院, 2021）。

上述のように、岩木山は過去に山体崩壊を起こしており、このような山地斜面の挙動は、十分にモニタリングされる必要がある。本研究では、岩木山西側斜面における挙動とその原因・メカニズムを明らかにすることを目的とし、ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた干渉 SAR 解析を実施した。本稿では、解析の結果から明らかとなった顕著な変位の発生時期と、その原因や地形との対応などについて考察を行った結果を報告する。

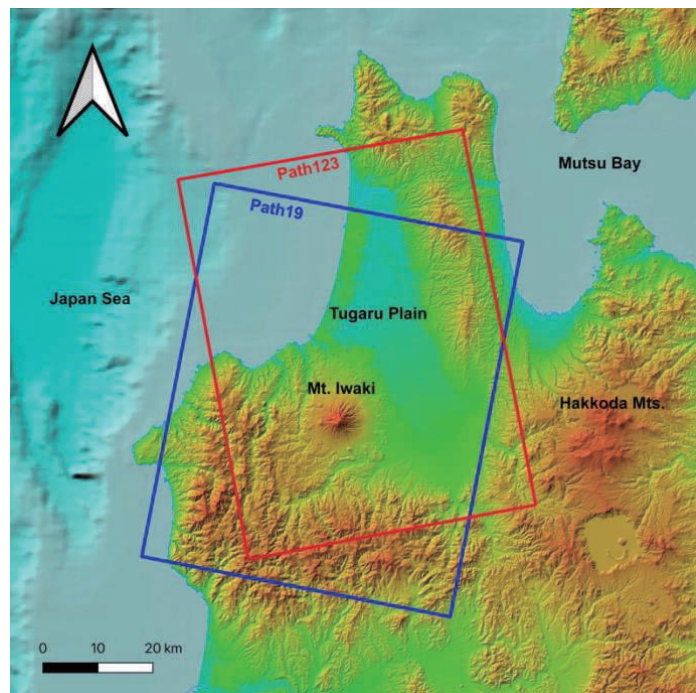


図 1 岩木山の位置および解析に使用したデータ。図中の赤枠（Path123）および青枠（Path19）は、解析に使用した ALOS-2/PALSAR-2 データの範囲を示す。地理院地図のタイルデータを基図に使用。

* Displacement of the western flank of Mt. Iwaki by InSAR and its relationship to the Okkomori Fault by Ryosuke Doke and Hideki Kurosawa

2. データおよび解析方法

本研究では、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が運用する ALOS-2/PALSAR-2 の観測データの内、岩木山周辺を撮像した Descending 右観測の Path19（SM1）と Ascending 右観測の Path123（フルポラリメトリ）のデータを使用した（図 1）。この 2 条件の観測データについて、2014 年の観測開始から 2023 年末までのデータを取得し、直近の観測日同士の干渉ペアをとり、RINC（Ozawa et al., 2016）を用いて、差分干渉解析を実施した。なお、岩木山では、冬季に積雪があり、干渉性が低下するため、冬季のデータは除いて干渉ペアを組んだ。加えて、約 3 年の長期の干渉ペアとして 2020 年と 2023 の夏季の観測データについて干渉ペアを組み、解析を実施した。これは、短期間のペアでは観測される変位が極めて小さいことに加え、2.5 次元解析により準東西成分、準上下成分を推定する上で、観測日が近いペア同士で行うことが望ましいためである。差分干渉解析はグラントレンジ 25 m の解像度で実施し、解析の際には、国土地理院の 10 m DEM から作成された楕円体高モデルを用いるとともに、気象庁によるメソスケール数値気象モデルを用いた大気遅延の補正も行った。加えて、アンラッピングエラーを抑えるために、5 ピクセルのウィンドウサイズにおける位相分散値が 0.7 以下となる範囲をマスクした上で、位相アンラッピングを実施し、衛星視線方向の変位を得た。

3. 解析結果

図 2 および図 3 に Ascending 右観測（以下、Asc.）および Descending 右観測（以下、Des.）の直近の干渉ペア同士の差分干渉 SAR 解析結果を示す。Asc.については概ね 1 年程度の干渉

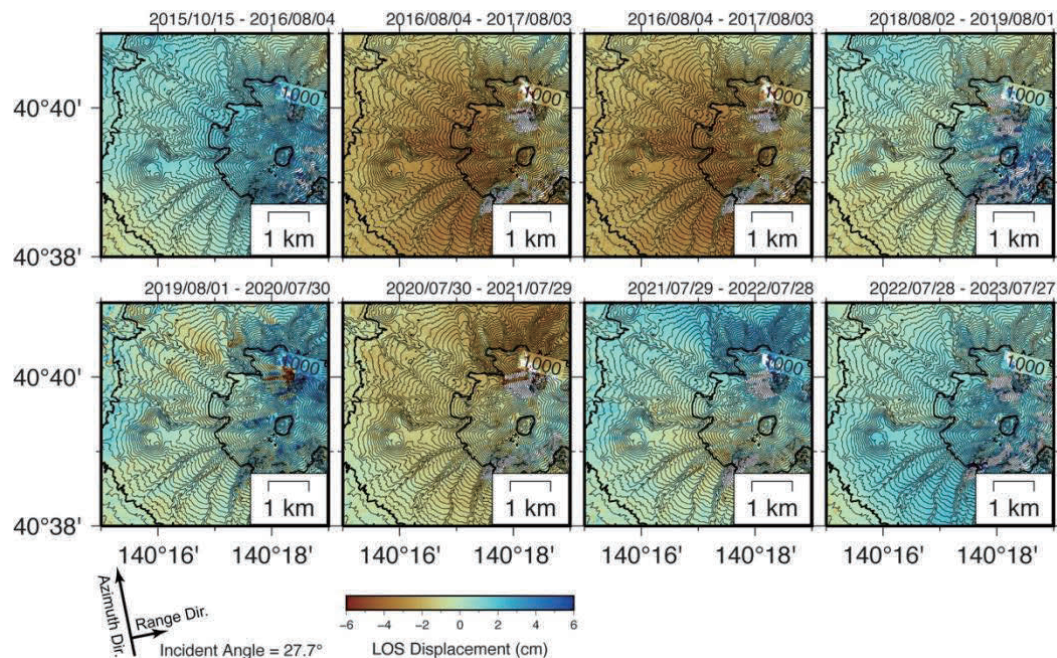


図 2 岩木山西側斜面を対象とした干渉 SAR 解析結果（Ascending 右観測）。直近の観測日同士の干渉ペアの解析結果で、各図の右上にペアをとったデータの観測日を示す。正の値（寒色系）は衛星から遠ざかる変位、負の値（暖色系）は衛星に近づく変位を示す。等高線の間隔は 25m。

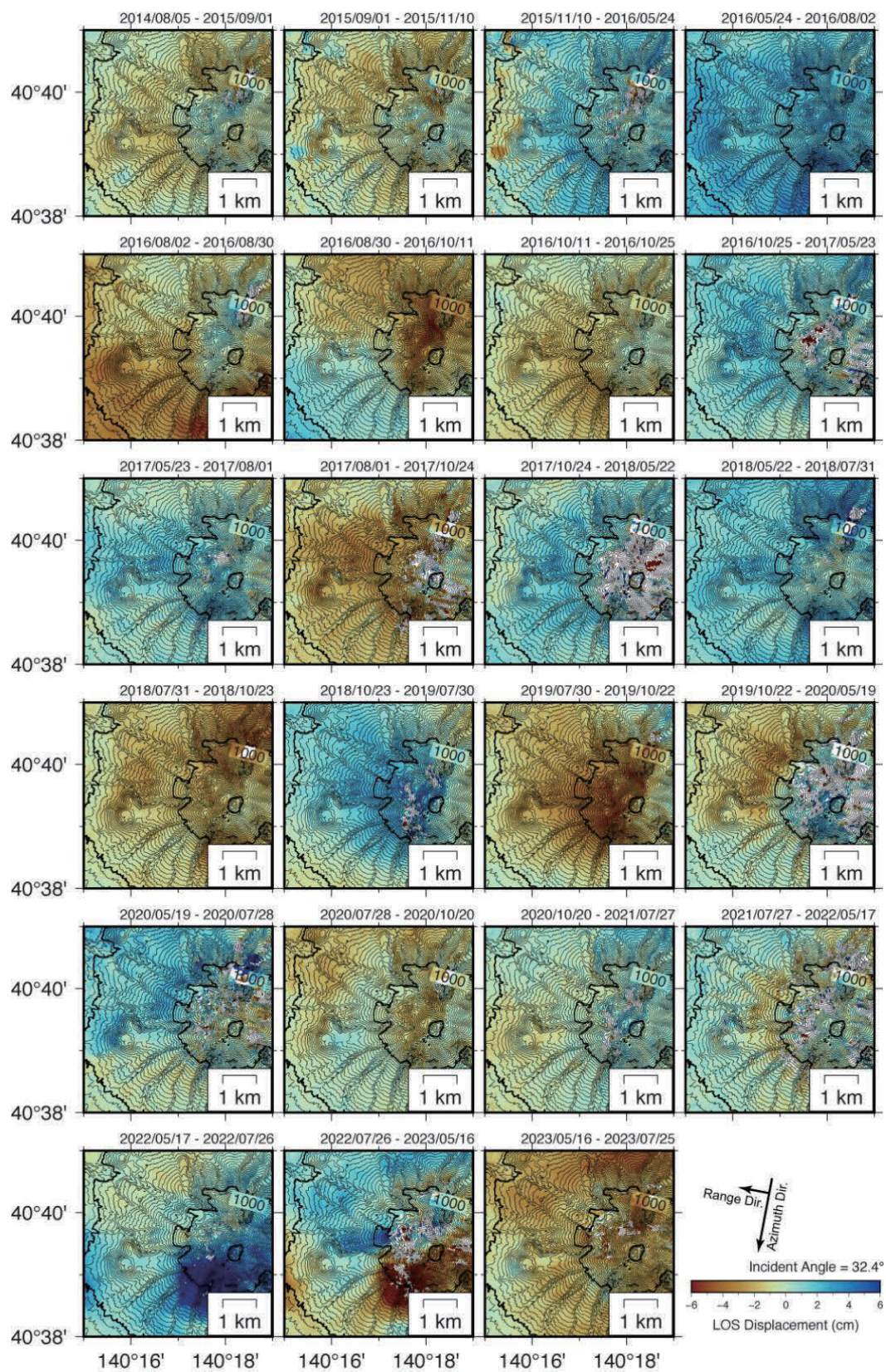


図3 岩木山西側斜面を対象とした干渉 SAR 解析結果 (Descending 右観測)。図の詳細については図2の説明を参照。

ペアになっており、Des.については数ヶ月～1 年未満の干渉ペアである。国土地理院（2021）において観測されている岩木山西側斜面の変位速度は 1 cm/yr 程度であり、一般的に言われている差分干渉解析における変位の検出限界以下のため、ここで示した短期間の干渉ペアにおいては、同箇所における変位は明瞭ではない。しかしながら、Des.の解析結果（図 3）においては、2022 年 7 月 26 日と 2023 年 5 月 16 日の干渉ペアで、岩木山西側斜面で衛星から遠ざかる顕著な変位（3～5 cm 程度）が認められる。なお、この干渉ペアには、岩木山南側に顕著に衛星に近づく変位が認められるが、この一つ前の干渉ペア（2022 年 5 月 17 日と 2022 年 7 月 26 日）において、逆に衛星から遠ざかる変位が認められていることから、2022 年 7 月 26 日のデータに含まれているノイズであることがわかる。この部分を差し引いても、岩木山西側斜面の変位は残ることから、これはノイズではなく、有意な変位であるものと言える。一方、Asc.については、同時期の干渉ペア（2022 年 7 月 28 日と 2023 年 7 月 27 日）において、同箇所周囲よりもわずかながら衛星に近づく変位が認められる（図 2）。

図 4 には、2020 年と 2023 年の 3 年間の干渉ペアの解析結果を示す。3 年間の干渉ペアを取るにより S/N 比が向上し、岩木山西側斜面においてより明確な変位が確認できる。なお、山頂付近および山麓部には、一部アンラッピングエラーと見られる箇所（主にカラースケールの範囲をオーバーしている箇所）が存在するため、留意されたい。Asc.の干渉ペアにおいては、岩木山西側斜面において、約 2～3 cm 程度衛星に近づく変位が認められる（図 4a）。Dec.の干渉ペアにおいては、同箇所約 3～5 cm 衛星から遠ざかる変位が認められる（図 4b）。さらに、2020-2023 年の 3 年間のペアに対して 2.5 次元解析を行なった結果、変位量として、西向きに約 5～7 cm、沈降量 1～2 cm が推定された（図 5）。

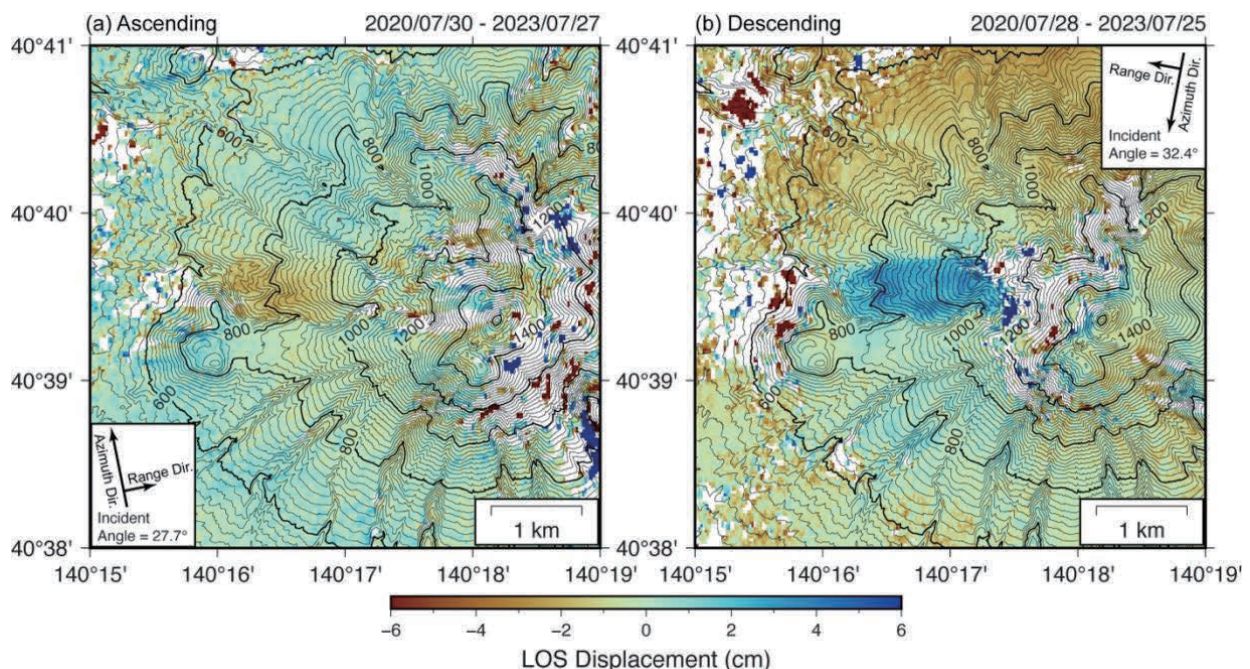


図 4 2020 年および 2023 年夏季同士の干渉 SAR 解析結果。(a) Ascending 右観測および (b) Descending 右観測の解析結果。正の値（寒色系）は衛星から遠ざかる変位、負の値（暖色系）は衛星に近づく変位を示す。等高線の間隔は 20m。

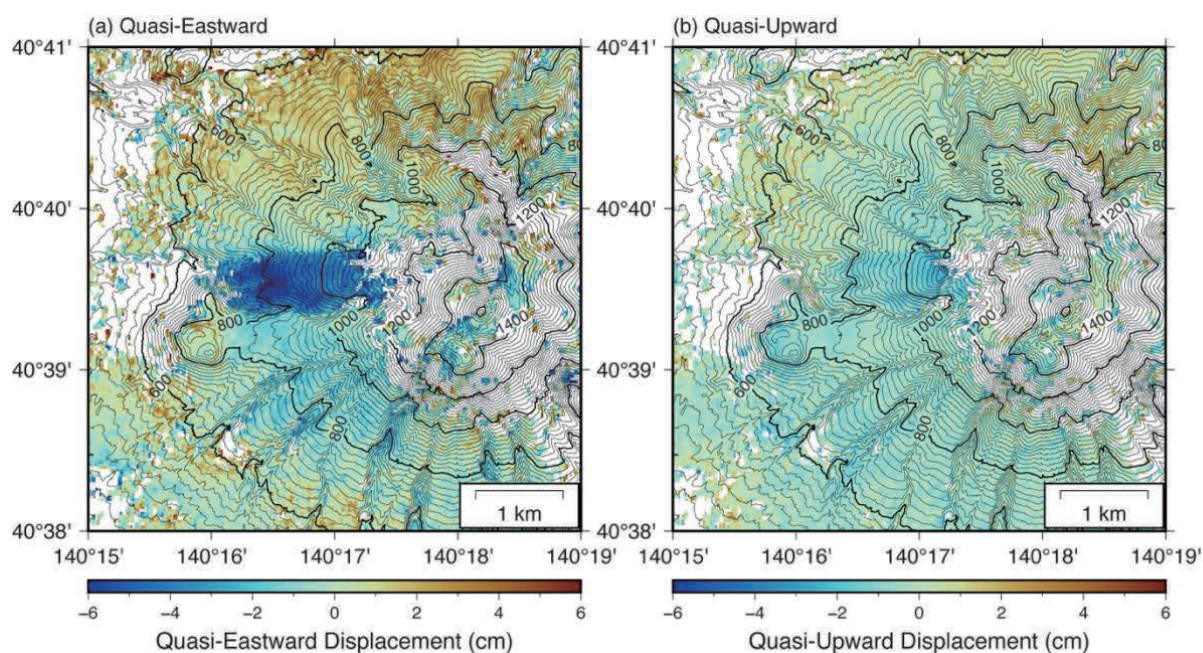


図5 2.5次元解析の結果。(a) 準東西成分および(b) 準上下成分。各図において、正の値（暖色系）は東向き方向および上向き方向，負の値（寒色系）は西向きおよび下向き方向の変位を示す。等高線の間隔は20m。

4. 考察

本研究で得られた岩木山西側斜面の変位は西向きの変位であり（図5a），同箇所斜面の傾斜方向と一致することから，本結果は，地すべり性の変位の存在を示唆するものと言える。また，直近の観測日同士の干渉ペアの解析結果（図2および3）から，同箇所の変位は，2022年の夏以降に顕著であったことが明らかである。2022年8月には，近隣の河川が氾濫する大雨があり，岩木山に近いAMeDAS弘前観測点において，月降水量として500mmを超える雨量を記録している。これは，ALOS-2の観測期間である2014年以降，最大の雨量であり，2022年の夏を挟む干渉ペアにおいて，顕著な変位が観測されたことは，大量の降雨が地すべり性の変位を誘発したことを示唆する。

岩木山西側斜面には，活断層研究会編（1991）により，追子森断層と呼ばれる東西走向・南落ちの断層の存在が示されている。活断層研究会編（1991）では小縮尺の位置図しかないことに加えて，公開されているGISデータにおいても，実際の崖地形との対応がつかない場所に追子森断層のトレースが引かれているという問題がある。本研究により実施した地形判読の結果，対象地域周辺で，追小森断層と同規模・同センスの崖地形を溶岩流の面上に認められたことから，追小森断層はこの崖地形を判読したものと推察した（図6）。干渉SAR解析の結果において検出された変位箇所の北縁は，直線的であり，この追子森断層と考えられる地表の崖地形とよく対応することから，同断層が斜面性の変位に伴い形成された重力断層であることを示唆する。また，地形判読により，変位ブロック内に，いくつかの亀裂状の地形も認められており（図6），地すべりの進行に伴いブロック内で変形が進行している様子を見ているものと示唆される。

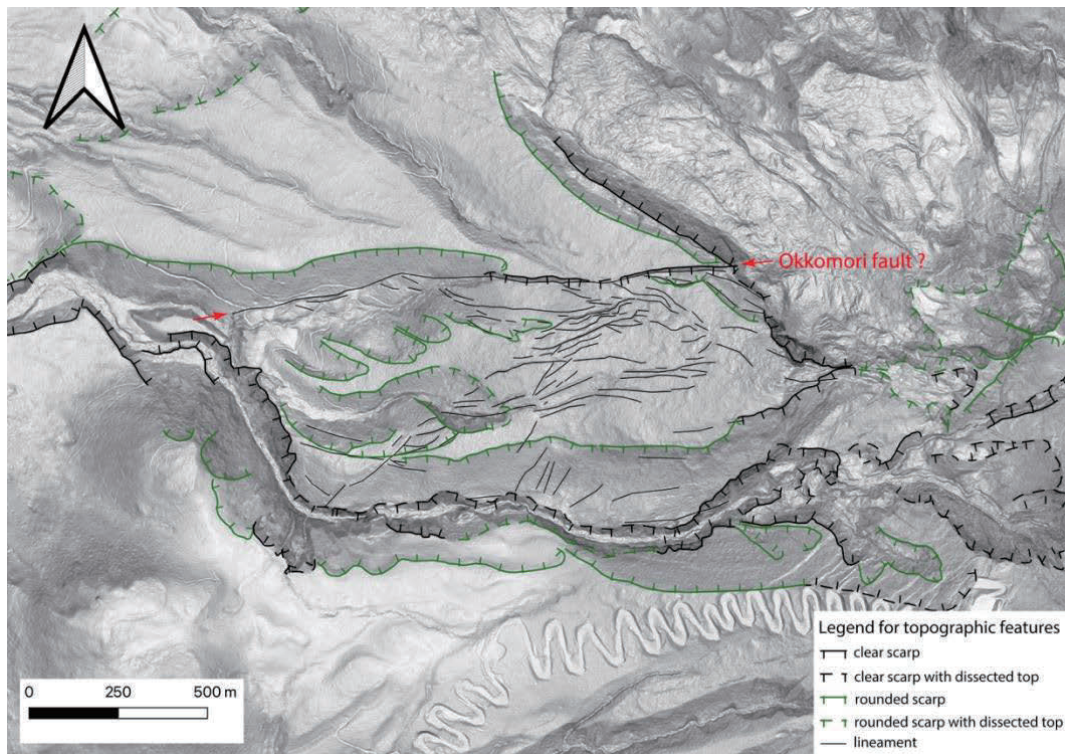


図6 岩木山西側斜面を対象とした地形判読結果。矢印は追小森断層と推定される崖地形の位置を示す。背景基図には 1 m DEM に基づき作成した傾斜量図を用いている。

5. まとめ

本研究では、ALOS-2/PALSAR-2 データの差分干渉 SAR 解析結果から、岩木山西側斜面における地すべり性の変位を検出した。この変位は、2022 年夏以降に顕著であり、同年 8 月に発生した大量の降雨に起因し、加速したものと推察される。加えて、干渉 SAR 解析により検出されて変位は、追小森断層と見られる崖地形の形成に寄与していることも明らかになった。

6. 引用文献

- 活断層研究会編（1991）：新編日本の活断層：分布図と資料，東京大学出版会，440p.
- 小岩直人（2014）：岩木山の地形と歴史，「岩木山を科学する」刊行会編『岩木山を科学する』，北方新社，72-80.
- 国土地理院（2021）：岩木山の干渉 SAR 時系列解析結果，第 149 回火山噴火予知連絡会資料.
- Ozawa T., Fujita T. and Ueda H. (2016): Crustal deformation associated with the 2016 Kumamoto Earthquake and its effect on the magma system of Aso volcano, *Earth, Planets and Space*, 68(186). doi: 10.1186/s40623-016-0563-5
- 佐々木実（2015）：岩石から見た岩木山，「岩木山を科学する」刊行会編『岩木山を科学する 2』，北方新社，84-98.
- 田中和夫（2001）：火山災害（1）岩木山，青森県史編さん自然部会編『青森県史 自然編 地学』，561-564.